ALTER, WACHSTUM UND GEWICHTSÄNDERUNG DER KNOBLAUCHKRÖTE (*PELOBATES FUSCUS*): ERGEBNISSE EINER ZEHNJÄHRIGEN STUDIE AUF DER WIENER DONAUINSEL

EVA KOGOJ

Zusammenfassung

Am isoliert liegenden Endelteich (Donauinsel, Wien, Österreich) wurden in zehn Untersuchungsjahren (1986, 1987, 1989–1996) die zu- und abwandernden Knoblauchkröten (*Pelobates fuscus*) mittels Fangzaun und Kübelfallen individuell erfasst. Insgesamt wurden 10.288 Fänge von 4.984 Individuen verzeichnet. 71 % wurden als Juvenile erstmals gefangen. Die erste Zuwanderung als Adulttier erfolgte bei den Männchen im Mittel mit 2,0 Jahren und bei den Weibchen mit 2,7 Jahren. Das durchschnittliche Höchstalter (Alter im letzten Fangjahr) der Weibchen ist mit 3,3 Jahren höher als das der Männchen mit 2,5 Jahren. Gewicht, Kopf-Rumpf-Länge und Konditionsindex zeigten eine Korrelation mit dem Alter des Individuums. Das stärkste Wachstum der Knoblauchkröten erfolgte vor der Geschlechtsreife. Die Männchen nahmen im Mittel 6,8 % ihres Zuwandergewichts ab, die Weibchen 22,1 %. Die meisten weiblichen Knoblauchkröten wanderten zum Endelteich, um dort abzulaichen. Je älter die Weibchen waren, desto weniger Tiere nahmen an der Laichwanderung teil, die nicht sicher abgelaicht hatten.

Summary

Age, growth and change in weight of the Spadefoot Toad (*Pelobates fuscus*): Results of ten study years on the Danube Island.

At the isolated Endelteich pond (Danube Island, Vienna, Austria) migrating spadefoot toads were registered individually during ten years (1986, 1987, 1989–1996) using a drift fence and pitfall traps. Altogether 10.288 captures of 4.984 individuals were recorded, in the main juveniles. Adult males immigrated for the first time at an average age of 2,0 years, females at 2,7 years. The females' average maximum age of 3,3 years (age at the last capture) was higher than the males' maximum age of 2,5 years. Weight, snout-venth length and condition index were correlated with the age. Growth was most rapid before sexual maturity. Most females migrated towards the pond in order to spawn. The older the female the fewer individuals participate the migration without spawning.

1. Einleitung

Alle neunzehn in Österreich vorkommenden Amphibienarten und der Hybride *Rana esculenta* sind in der Roten Liste der in Österreich gefährdeten Arten verzeichnet (TIEDEMANN & HÄUPL 1994). Um sinnvolle Schutzmaßnahmen zu ergreifen, muss Habitat und Lebensweise der jeweiligen Tierart bekannt sein (vgl. GLANDT 1990). Die Analyse populationsbiologischer Prozesse ist wichtig, um künftige Bestandesentwicklungen prognostizieren zu können (HENLE 1997).

Über die heimische Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus fuscus* LAURENTI 1768, Abb. 1) ist noch relativ wenig bekannt. Der Grund für dieses Forschungsdefizit ist ihre versteckte Lebensweise (NÖLLERT 1990). Größen von Knoblauchkrötenpopulationen sind meist nur mit Fangzäunen zu ermitteln (JAHN & JAHN 1997). Auf der nördlichen Donauinsel wurden von 1986 bis 1987 und von 1989 bis 1997 an einem Fangzaun um ein Stillgewässer alle wandernden Amphibien mittels täglicher Begehungen in ihrer Aktivitätsperiode (meist von Februar bis Anfang Dezember) erfasst (KOGOJ 1997). Die Knoblauchkröten wurden individuell registriert (WIENER 1997a, WIENER 1997b). Die Untersuchung mittels Fangzaunanlage ist für Europa hinsichtlich ihrer Dauer und Anzahl der erfassten Arten herausragend. Der Endelteich wurde von Studenten betreut (JEHLE 1996). Es entstanden bisher eine Dissertation und 15 Diplomarbeiten. Außerdem wurden in den letzten Jahren Artikel in internationalen Zeitschriften und ein Buch (HÖDL et al. 1997) über das Projekt veröffentlicht. Dieser Beitrag stellt einige Ergebnisse einer zusammenfassenden Auswertung der Daten von *Pelobates fuscus* von zehn Untersuchungsjahren (bis 1996) vor.



Abb. 1: Knoblauchkröte *Pelobates fuscus fuscus*. Foto: W. Hödl

Common Spadefoot Toad *Pelobates fuscus fuscus*.



Abb. 2: Das Untersuchungsgewässer Endelteich. Foto: W. Hödl

The study site Endelteich.

2. Material und Methodik

2.1 Untersuchungsgewässer und Fanganlage

Die Umgebung des 1.500 m² großen Untersuchungsgewässers Endelteich (Abb. 2) ist arid, da die Donauinsel keine Verbindung zum Grundwasser hat (JEHLE et al. 1997, Lageskizze siehe GOLDSCHMID 1997). Um ein Trockenfallen des Teiches zu verhindern, wurde der Wasserstand künstlich auf etwa 80 cm an der tiefsten Stelle aufrechterhalten (GOLDSCHMID 1997). Das nächste größere Stillgewässer auf der Donauinsel ist zehn Kilometer entfernt.

Im März 1986 wurde ein Plastikfolienzaun um den gesamten Endelteich errichtet und im Dezember 1987 entfernt (ENDEL 1989). Im Februar 1989 wurde von Mitarbeitern der Magistratsabteilung 45 – Wasserbau der Stadt Wien ein stabiler Wellplastikzaun mit einer Aluminiumabdeckung in zwei bis fünf Meter Entfernung vom Ufer aufgestellt. Als Fallen dienten 52 Zehn-Liter-Kübel, von denen je 26 an der Innen- und 26 alternierend dazu an der Außenseite des Zaunes eingegraben waren (Details siehe JEHLE et al. 1997).

2.2 Datenerhebung

Bei täglichen Kontrollgängen wurden zwischen Ende Jänner bzw. Februar und Anfang Dezember von allen gefangenen Knoblauchkröten (Abb. 1) die Fangkübelnummer, das Geschlecht oder der Entwicklungsstand (juvenil, subadult bzw. adult) notiert. Die Kopf-Rumpf-Länge (KRL, Schnauzenspitze bis Kloakenöffnung) wurde am sitzenden, entspannten Tier mit einer Schublehre (Messfehler: +/– 1,9 %) gemessen. Um den Feuchtigkeitszustand zu standardisieren, wurden die Knoblauchkröten ab 1991 vor der Gewichtsmessung mindestens zehn Minuten in Wasser gesetzt (nach WAGERMAIER 1992, elektronische Präzisionswaage 1002 MP9, Fa. Satorius, Messgenauigkeit 0,1 g). Unmittelbar nach der Bearbeitung wurden die Tiere auf der dem Fangkübel gegenüberliegenden Zaunseite freigelassen. Die Markierung der Knoblauchkröten erfolgte bis 1994 mittels Phalangenamputation. Zur Individualerkennung wurde die Rückenfleckung fotografiert (nach JEHLE 1997). Mittels Fotovergleich konnten Entwicklung und Wanderungen der Individuen zurückverfolgt werden. Da die Anzahl der Fotos und der Arbeitsaufwand ständig anstiegen, wurden ab Ende 1994 allen adulten und großen subadulten Knoblauchkröten „Passive Integrierte Transponder" (P. I. T.) zur Markierung injiziert (JEHLE 1997, JEHLE & HÖDL 1998). Die Transponder werden durch ein Lesegerät zur Abstrahlung eines alphanumerischen Codes angeregt, der vom Lesegerät angezeigt wird.

2.3 Auswertung und Definitionen

Die ausgewerteten Daten dieser Arbeit umfassen die Jahre 1986, 1987 und 1989 bis 1996. Mit der Fangzaun-Kübelfallen-Methode kann nur der wandernde Teil einer Gesamtpopulation erfasst werden. In diesem Sinne wird hier der Begriff „Population" verwendet.

Als Juvenile werden Jungtiere bezeichnet, bei denen im Erfassungsjahr die Metamorphose erfolgte (Nulljährige). Subadulte sind Individuen ohne äußere Geschlechtsmerkmale vor der

Geschlechtsreife, die nicht im Jahr ihrer Registrierung metamorphosierten. Vor allem bei einjährigen Weibchen ist eine Unterscheidung, ob sie subadult oder geschlechtsreif sind, schwierig. Daher wurden die Gewichtsdaten der Einjährigen, die nicht als adulte Männchen bestimmt wurden, in der Auswertung nicht verwendet. Als adult gelten Tiere mit äußeren Geschlechtsmerkmalen (Oberarmdrüse der Männchen) und/oder Individuen, die anhand von Gewicht und Größe klassifiziert werden. Knoblauchkröten, die als Adulte erstmals gefangen wurden, wurde ein Mindestalter von zwei Jahren zugewiesen. Subadulte Neufänge galten als mindestens einjährig.

Das Höchstalter ist das Alter eines Individuums, dessen genaues Alter bekannt ist, in seinem letzten Fangjahr. Das Höchstmindestalter ist das Alter einer Knoblauchkröte bei ihrem letzten Fang, der ein Mindestalter zugeordnet wurde.

Der Konditionsindex wurde nach der Formel 100*Gewicht/Größe (nach WEATHERLY 1972 aus JEHLE & HÖDL 1998) berechnet. Für alle Korrelationen mit dem Alter wurden ausschließlich Daten der Individuen verwendet, die als Juvenile am Endelteich gefangen wurden.

Statistik (nach ZÖFEL 1992)

Abkürzungen: x = Mittelwert, s = Standardabweichung und n = Größe der Stichprobe.

Der Median ist jener Wert, unter- und oberhalb dessen jeweils die Hälfte der Messwerte liegt (= 50 % Quartil). 25 % (75 %)-Quartil ist jener Wert, unterhalb dessen 25 % (75 %) der Messwerte liegen.

Tab. 1: Alle Individuen von 1986, 1987 und 1989 bis 1996.
Spalten getrennt nach Geschlecht bzw. Entwicklungsstand beim letzten Fang.
Zeilen getrennt nach Entwicklungsstand und dem Untersuchungsjahr bei der Ersterfassung. Angabe in Individuen.
ges = gesamt, m = Männchen, w = Weibchen, sa = Subadulte, juv = Juvenile.

All individuas recorded 1986, 1987 and 1989–1996.
Columns split up into the sex/developmental stage at the last registration, rows split up into the developmental stage and the study year, when the individual was registered for the first time. In individuals.
ges = total, m = male, w = female, sa = subadult, juv = juvenile

Ersterfassung	ges	m	w	sa	juv
1986	800	477	209	45	69
1987	800	221	110	28	441
1989	237	50	50	3	134
1990	282	18	24	0	240
1991	1.389	8	18	0	1.363
1992	652	19	11	12	610
1993	439	16	6	3	414
1994	248	26	25	0	197
1995	103	14	23	1	65
1996	13	4	6	0	3
als Juvenile	3.556	313	255	34	2.954
als Adulte / Subadulte	1.428	854	482	92	
gesamt	4.984	1.167	737	126	2.954

Eine Irrtumswahrscheinlichkeit (p) kleiner 0,05 gilt als signifikant, kleiner 0,01 als hoch signifikant, kleiner 0,001 als höchst signifikant. Zum Vergleich zweier unabhängiger Stichproben aus normalverteilten Grundgesamtheiten hinsichtlich ihrer Mittelwerte dient der t-Test nach STUDENT. Bei nicht normalverteilten Grundgesamtheiten wird der U-Test von MANN und WHITNEY verwendet. Als Test auf einen Zusammenhang einer abhängigen zu einer unabhängigen Variablen wird eine einfache, lineare Regression (lin. Reg. $y = a + b*x$) mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % berechnet.

3. Ergebnisse

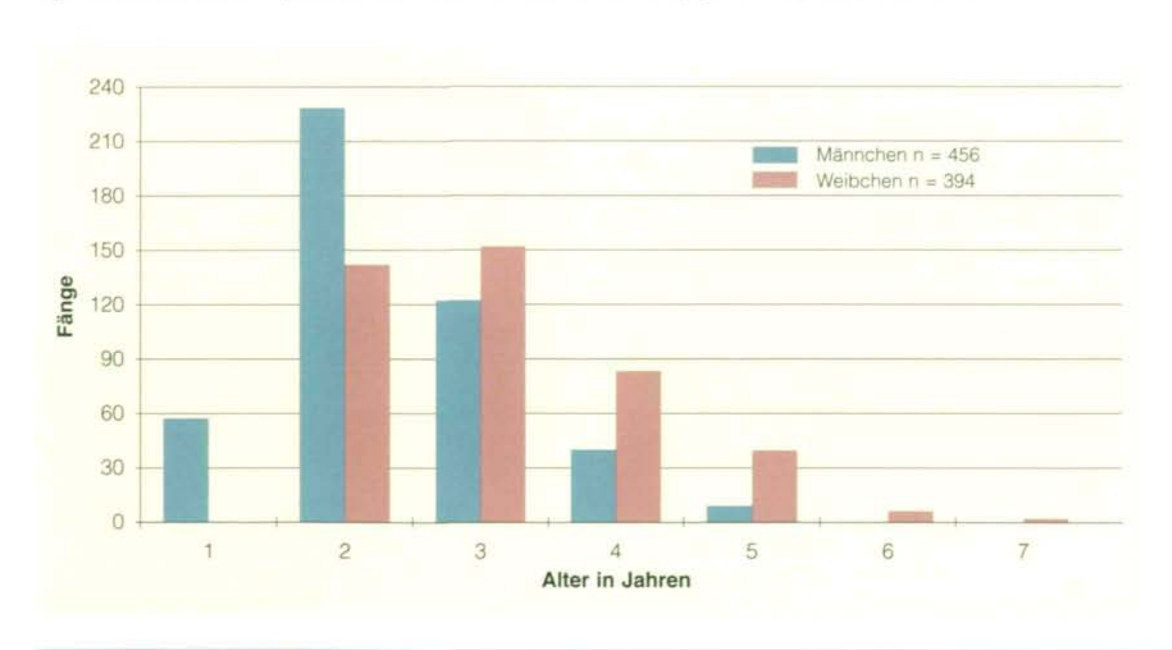
3.1 Populationsstruktur und Alter

Im Laufe der zehn Untersuchungsjahre wurden am Endelteich insgesamt 10.288 Fänge von *Pelobates fuscus* verzeichnet. Der größte Teil (42,3 %) entfiel auf Juvenile, 35,5 % waren Männchen und 19,6 % Weibchen. In allen Untersuchungsjahren wurden 4.984 Knoblauchkröten individuell erfasst (Tab. 1). 71 % wurden als Jungtiere erstmals registriert, der Rest als Adulte. 2.954 Individuen wurden in einem einzigen Jahr als Juvenile gefangen, 605 der Jungtiere wurden noch mindestens in einem zweiten Jahr erfasst.

Die erste Zuwanderung als Adulttier erfolgte bei den Männchen im Durchschnitt mit 2,0 Jahren und bei den Weibchen mit 2,7 Jahren. 77 % der männlichen Knoblauchkröten waren zwischen zwei und drei Jahre alt, 88 % der Weibchen zwischen zwei und vier (Abb. 3). Das durchschnittliche Höchstalter der Weibchen war mit 3,3 Jahren ($s = 0.9$, $n = 255$) signifikant höher als das der Männchen ($x = 2,5$, $s = 0,9$, $n = 313$; t-Test: $t = -9,8$, Abb. 4). Das höchste

Abb. 3: Altersstruktur der adulten Knoblauchkröten am Endelteich in den Untersuchungsjahren 1986, 1987, 1989–1996.

Age structure of the adult spadefoot toads at the Endelteich in the study years 1986, 1987, 1989–1996.



Mindestalter erreichte ein Männchen mit mindestens zehn Jahren und zwei Weibchen mit mindestens neun Jahren. Das durchschnittliche Höchstmindestalter von Männchen und Weibchen war fast gleich hoch (2,5 Jahre, s = 0,9 bzw. 2,6 Jahre, s = 1.0).

3.2 Gewicht und Größe

3.2.1 Korrelation mit dem Alter

Gewicht, Kopf-Rumpf-Länge (beides Mittelwerte eines Jahres) und Konditionsindex bei der ersten Zuwanderung innerhalb eines Jahres korrelierten stark bzw. mittelmäßig mit dem Alter des Individuums (Tab. 2). Bei der Korrelation wurden ausschließlich Daten von Knoblauchkröten verwendet, die als Juvenile erstmals gefangen wurden.

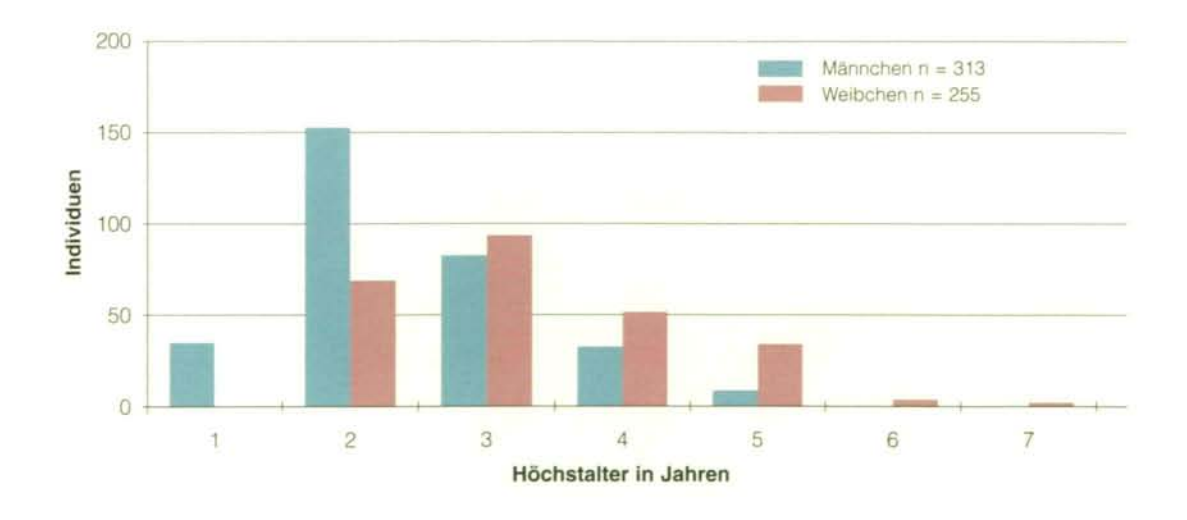
3.2.2 Wachstumsrate

Die Wachstumsrate wurde als Differenz der Körpermaße zweier aufeinander folgender Fangjahre eines Individuums, dessen genaues Alter bekannt war, berechnet. Eine positive Wachstumsrate bedeutete eine Zunahme. Das Körpermaß des ersten Fangjahres wurde gleich 100 % gesetzt.

Die Wachstumsraten von Gewicht und Größe korrelierten bei beiden Geschlechtern schwach negativ mit dem Alter (Tab. 3, lin. Reg.: $r > -0,5$). Geschlechtsspezifisch hoch bis höchst signifikant verschiedene Raten zeigten sich bei allen Altersstufen mit Ausnahme beim Gewicht der Dreijährigen und bei der Kopf-Rumpf-Länge der Vierjährigen (U-Tests, Abb. 5 und 6).

Abb. 4: Höchstalter der adulten Knoblauchkröten in den Untersuchungsjahren 1986, 1987, 1989–1996.

Maximum age of the adult spadefoot toads in the study years 1986, 1987, 1989–1996.



	y	r	a	b
Männchen	Gewicht	0,73	5,68	2,10
	KRL	0,66	36,42	3,00
	Konditionsindex	0,76	15,38	3,95
Weibchen	Gewicht	0,67	7,04	3,92
	KRL	0,48	43,57	2,18
	Konditionsindex	0,66	22,25	5,76

Tab. 2: Lineare Regression der abhängigen Variablen y auf die unabhängige Variable (x) Alter. Formel y = a + bx.
KRL = Kopf-Rumpf-Länge, r = Korrelationskoeffizient.

Linear regression y = a + bx, independent variable (x) is the age.
KRL = snout-venth length, y = dependent variable, r = correlation coefficient.

3.2.3 Gewichtsänderung

Die Gewichtsdifferenz zwischen Zu- und Abwanderung wurde für alle Aufenthalte am Teich innerhalb eines Jahres getrennt berechnet. Die Prozentangaben beziehen sich auf das Zuwandergewicht.

Weibliche Knoblauchkröten nahmen während eines Teichaufenthalts deutlich mehr ab als die Männchen (Tab. 4). Beim ersten Aufenthalt eines Jahres am Teich korrelierte die Gewichtsdifferenz bei allen Individuen mit dem Konditionsindex und Alter des Tieres schwach negativ (lin. Reg.: $|r| < 0,5$), aber nicht mit der Aufenthaltsdauer.

Bei Weibchen lässt eine Gewichtsverminderung um mindestens zwanzig Prozent nach einem Teichaufenthalt auf ein Ablaichen schließen (Abb. 7). Ein Gewichtsverlust zwischen zehn und

Tab. 3: Wachstumsraten der Männchen und Weibchen in Prozent des Körpermaßes des ersten Jahres. Alter in Jahren, m = Männchen, w = Weibchen.

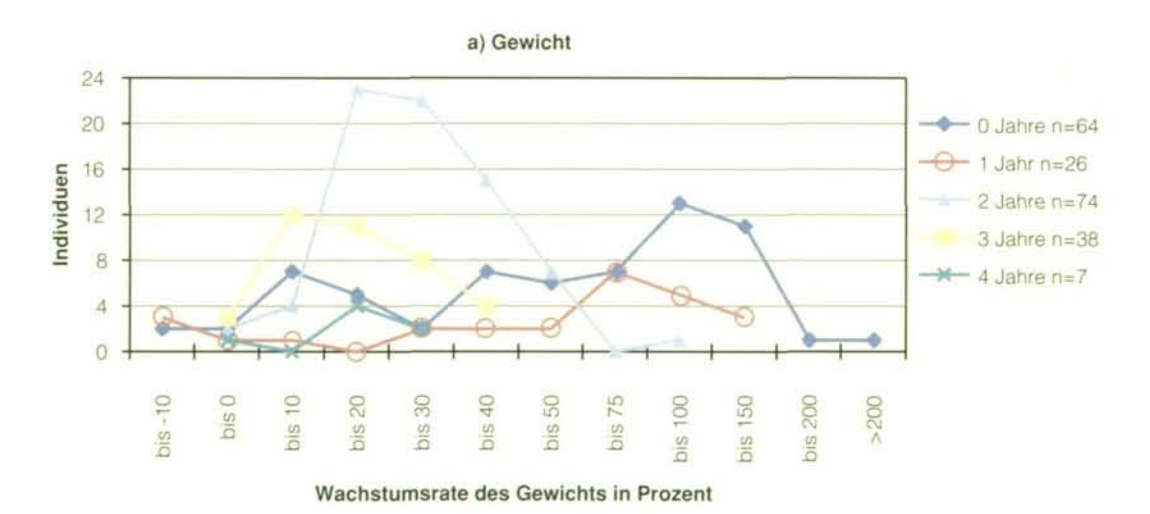
Male and female growth rate in percentage of first year's measure. Age in years, m = male, w = female.

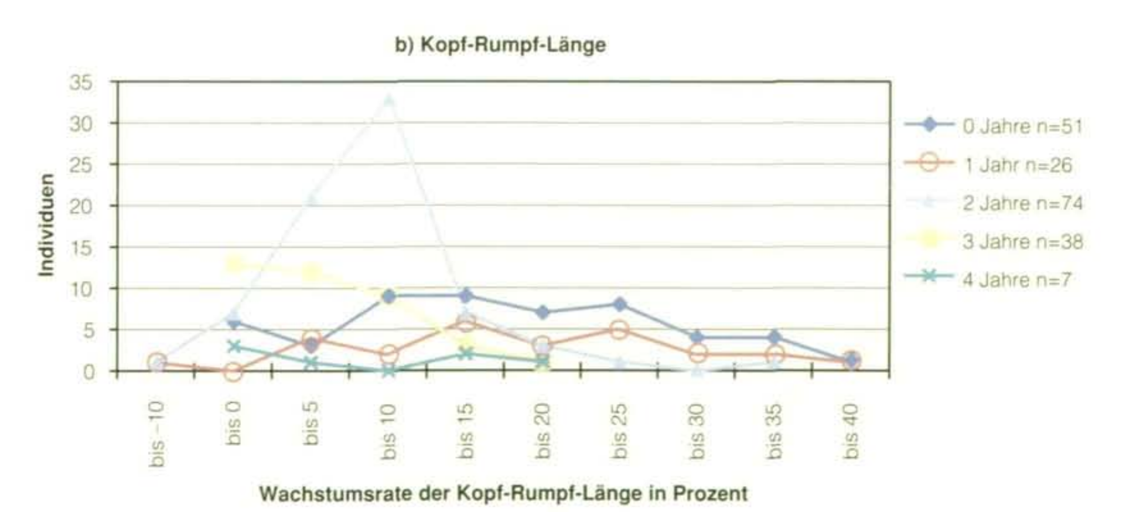
Alter	0		1		2		3		4		5	6
	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	w	w
						Gewicht						
Median	56,7	17,3	65,3	204,9	24,0	38,5	13,4	20,1	16,7	33,8	20,7	-0,9
25% Quartil	23,0	-5,0	28,0	146,4	16,1	24,3	6,6	8,2	11,7	21,5	19,5	-3,6
75% Quartil	89,8	28,0	81,0	233,3	32,6	57,5	21,7	31,9	20,6	45,5	30,0	1,8
Anzahl	64	7	26	5	74	42	38	54	7	29	5	2
Minimum	-12,9	-19,2	-21,8	105,7	-3,1	-20,5	-8,0	-10,7	0,0	-2,5	12,1	-6,3
Maximum	263,6	94,4	114,8	324,6	87,3	84,2	39,4	91,9	24,0	89,2	43,5	4,6
						Kopf-Rumpf-Länge						
Median	14,7	2,5	15,4	38,0	6,3	9,8	1,5	5,2	1,5	1,5	4,1	-22,5
25% Quartil	6,7	-0,1	8,9	30,9	4,0	5,9	-1,0	3,0	-2,3	-7,4	1,9	-22,6
75% Quartil	23,1	7,9	21,9	38,3	9,0	12,5	7,5	8,0	16,4	6,7	7,2	-22,4
Anzahl	51	6	26	5	74	42	38	55	7	29	5	2
Minimum	-6,6	-2,6	-15,9	30,3	-21,8	-14,1	-4,7	-22,2	-4,4	-20,9	1,0	-22,7
Maximum	37,5	17,6	36,1	58,9	30,6	18,5	16,2	21,0	24,1	30,7	9,0	-22,3

zwanzig Prozent wurde auch bei vierzig Prozent der Männchen ermittelt. Bei ihrem ersten Aufenthalt am Endelteich in einem Jahr nahmen 71 % von 628 Weibchen und zehn Prozent von 884 Männchen mehr als zwanzig Prozent ihres Zuwandergewichts ab (Abb. 7). Von den restlichen Weibchen laichten 18 nach ihrer zweiten Zuwanderung ab. Die meisten dieser Weibchen hatten nur wenige Tage zwischen Ab- und zweiter Zuwanderung außerhalb der Fanganlage verbracht. Beim zweiten Aufenthalt innerhalb eines Jahres zeigten nur noch 32 % von 57 Weibchen und 4 % von 197 Männchen eine Gewichtsdifferenz von weniger als minus 20 %. Bei 23 % der Weibchen aller Untersuchungsjahre lag die Gewichtsabnahme zwischen null und zwanzig Prozent, während 4 % zunahmen. Von 66 zweijährigen, 90 dreijährigen, 49 vierjährigen und 9 fünfjährigen Weibchen laichten 25, 8, 3 und 0 nicht sicher ab.

Abb. 5a, b: Jährliche Wachstumsrate von Gewicht und Kopf-Rumpf-Länge der Männchen. In Prozent des Körpermaßes des ersten Fangjahres, getrennt nach Alter in diesem Jahr.

Annual growth rates of weight and snout-venth length for males. Proportion of the first year's measure, split up into the ages of this year.





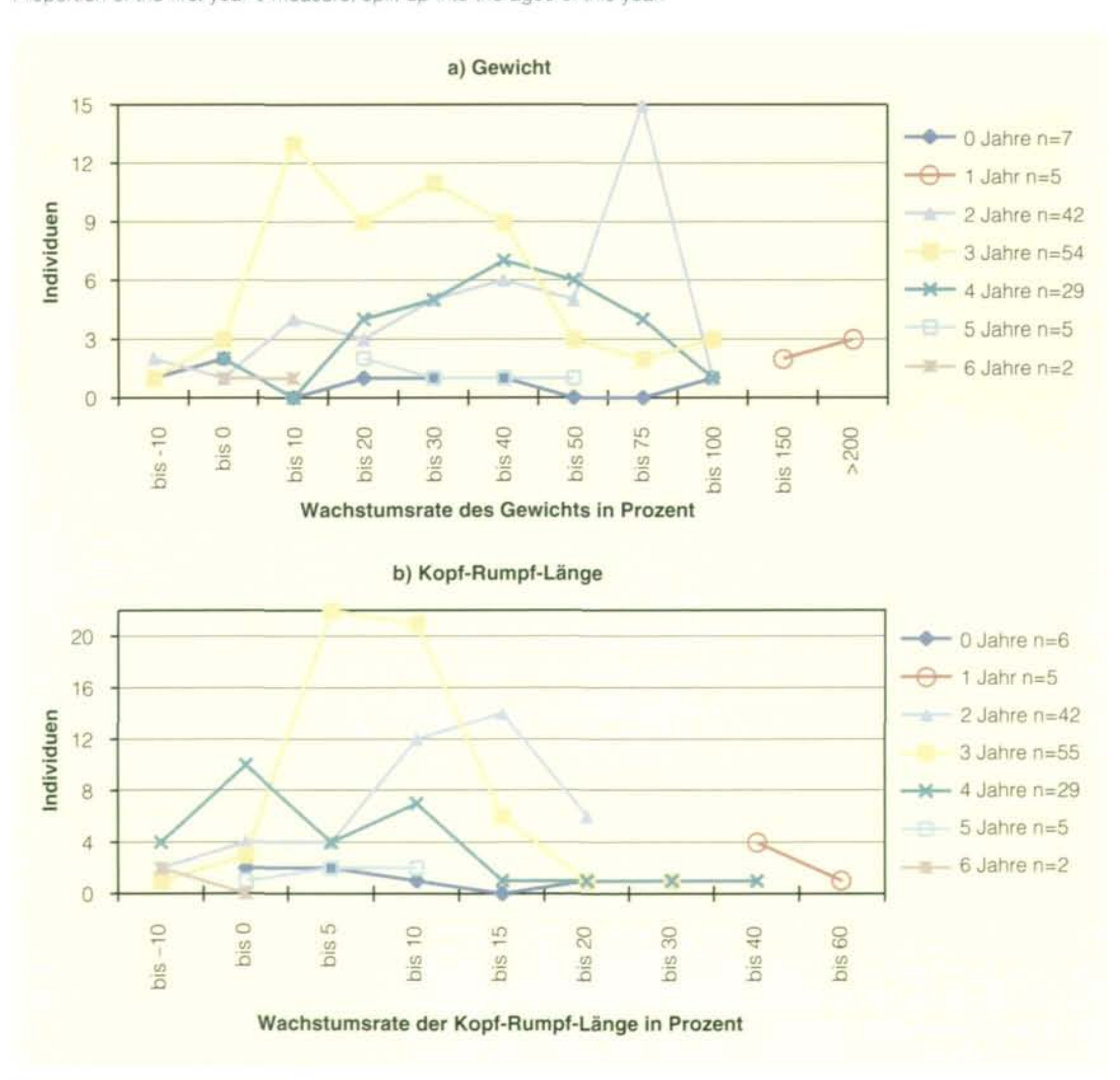
Tab. 4: Gewichtsdifferenz zwischen Zu- und Abwanderung eines Individuums. Angabe in Prozent des Gewichts bei der Zuwanderung und in Prozent pro Tag.

Difference of the weight between immigration and emigration of one individual, proportion of the immigration weight and in percentage per day.

	Männchen		Weibchen		Juvenile	
	gesamt	pro Tag	gesamt	pro Tag	gesamt	pro Tag
Mittelwert	-6,8	-0,4	-22,1	-2,2	-4,1	-3,1
Standardabweichung	12,7	1,5	14,3	2,9	7,2	5,3
Anzahl	1.119	1.119	687	687	52	52
Minimum	-73,8	-12,2	-50,0	-19,2	-22,2	-16,7
Maximum	90,8	20,8	48,0	7,9	17,9	16,2

Abb. 6a, b: Jährliche Wachstumsrate von Gewicht und Kopf-Rumpf-Länge der Weibchen. In Prozent des Körpermaßes des ersten Fangjahres, getrennt nach Alter in diesem Jahr.

Annual Growth rates of weight and snout-venth length for females. Proportion of the first year's measure, split up into the ages of this year.



4. Diskussion

4.1 Population

Die Untersuchung am Endelteich ist vor allem hinsichtlich ihrer Fanganlage und Dauer in Europa herausragend (vgl. KOGOJ 1998). Außerdem sind Knoblauchkrötenpopulationen vergleichbarer Größe selten untersucht worden (WIENER 1997a, siehe Tabelle 1). HILDENHAGEN (1986) fand an zwei umzäunten Gewässern, die etwa der Fläche des Endelteiches entsprechen, in zwei Jahren insgesamt 270 adulte Individuen von *Pelobates fuscus*. Am ca. 2.400 m² großen Friedeholzer Schlatt (Norddeutschland) konnten 1993 an einem Zaun nur 137 adulte Individuen gefangen werden (JAHN 1994). Eine fast doppelt so große Knoblauchkrötenpopulation wie am Endelteich wurde in Deutschland mit 1.200 Individuen beschrieben (TOBIAS 1997a). Für die Größe der Population könnte die Gewässergröße von zwei Hektar verantwortlich sein (vgl. TOBIAS 1997b). Häufig wird die maximale Anzahl rufender Knoblauchkröten mit fünfzig bis sechzig Tieren angegeben (NÖLLERT 1990). Für Populationen in Deutschland werden meist unter 200 Individuen, oft weniger als zwanzig Tiere angeführt. Vereinzelt gibt es Angaben über größere Populationen (nach NÖLLERT & GÜNTHER 1996).

83 % der Juvenilen starben oder wanderten vor der Geschlechtsreife aus (Tab. 1). Eine Emigration zu einem anderen Laichgewässer kann wegen der isolierten Lage des Endelteiches nahezu ausgeschlossen werden. Das Teichumland ist trocken, der Boden sehr kompakt. Für *P. fuscus* geeignete Landhabitate scheinen limitiert zu sein, was zu einer hohen Mortalität der Juvenilen führen kann (nach JEHLE et al. 1995). Hohe Sterberaten der Jungtiere von 83 % wurden auch für eine Knoblauchkrötenpopulation in einer Versuchsanlage gefunden (GLANDT 1990).

4.2 Alter

Die Altersstruktur der Endelteichpopulation ist denen anderer Knoblauchkrötenpopulationen ähnlich (Abb. 3). Die aufgrund von Wachstum und Größe ermittelten Werte von Knoblauchkröten aus Niedersachsen (Deutschland) ergaben bei den Männchen das Maximum der Altersverteilung bei zwei bis drei Jahren, bei den Weibchen bei drei bis vier Jahren (HILDENHAGEN 1986). Bei einer norddeutschen *Pelobates*-Population ließ die Größenverteilung der Tiere auf eine sehr geringe Anzahl der Zwei- bis Dreijährigen und somit auf eine überalterte Population schließen (JAHN 1994). Das ermittelte Höchstalter von mindestens zehn Jahren stimmt mit der Literaturangabe von maximal elf Jahren überein (Abb. 4, GOIN & GOIN 1962 aus NÖLLERT 1990).

Weibliche Knoblauchkröten erreichten im Mittel ein höheres Alter als die Männchen (Abb. 4). Als Erklärung kommt eine höhere Mortalität der Männchen in Frage. Die Mortalität war für Männchen und Weibchen am Endelteich gleich hoch. Sie ist innerhalb der Fanganlage mit knapp über 60 % fast doppelt so hoch wie außerhalb (nach KOGOJ, in Vorb.), wo die Knoblauchkröte eine nachtaktive, versteckte Lebensweise führt (NÖLLERT 1990). Männchen werden früher als die Weibchen geschlechtsreif und nehmen in der Regel um durchschnittlich 0,7 Jahre früher am Laichgeschehen teil. Sie sind früher in ihrem Leben der erhöhten Mortalität am Laichplatz ausgesetzt. Sowohl Männchen wie auch Weibchen zeigten eine Gewichtsabnahme nach einem Gewässeraufenthalt (Tab. 4, Abb. 7). Ist der Gewichtsverlust hoch, steigt auch das

Mortalitätsrisiko. Der Gewichtsverlust der Männchen ist wahrscheinlich auf die energetischen Kosten für die Reproduktion, das Balzverhalten und ihren längeren Aufenthalt am Gewässer zurückzuführen (vgl. HARDY & RAYMOND 1980, WIENER 1997b). Außerdem steht den Männchen während der Laichperiode eventuell weniger bis gar keine Zeit zur Nahrungsaufnahme zur Verfügung (NÖLLERT 1990). Die Balzhandlungen der Männchen sind wahrscheinlich für Räuber auffällig, wodurch die Mortalität erhöht wird (vgl. NÖLLERT 1990). Der Gewichtsverlust und die dadurch bedingte Mortalität am Laichgewässer wird bei weiblichen Knoblauchkröten vor allem durch die Abgabe des Laichs hervorgerufen (NÖLLERT 1990, JAHN 1998, vgl. KUHN 1997).

Männchen und Weibchen, die bei ihrem ersten Fang am Endelteich adult oder subadult waren, zeigten beim durchschnittlichen Höchstmindestalter keine geschlechtsspezifischen Unterschiede. Das widerspricht dem ermittelten durchschnittlichen Höchstalter der als Juvenile erstmals erfassten Tiere (Abb. 4). Da die Weibchen mit 2,7 Jahren und die Männchen mit 2,0 Jahren das erste Mal an der Laichwanderung teilnehmen, müsste adulten Neufängen je nach Geschlecht ein unterschiedliches Mindestalter zugeordnet werden. Den weiblichen Neuzuwanderern könnte ein Alter von drei Jahren und den männlichen von zwei Jahren zugeordnet werden. Folglich wäre bei den Weibchen das durchschnittliche Höchstmindestalter 3,4 Jahre (s = 0,9) und die ältesten Tiere wären mindestens zehn Jahre alt. Allerdings unterscheiden sich bei dieser Berechnung Alter und Mindestalter der Weibchen nach wie vor signifikant (t-Test).

Abb. 7: Gewichtsdifferenz zwischen Zu- und Abwanderung beim ersten und zweiten Aufenthalt am Endelteich innerhalb eines Jahres. Angabe der Gewichtsdifferenz in Prozent des Zuwandergewichts. Individuen in Prozent der Männchen bzw. Weibchen, Anzahl n laut Legende gleich 100 %.

Difference in weight between immigration and emigration for the first and second stay within the pond area during one year. Difference in weight in percent of the immigration weight. Individuals in percent of the total males respectively females, number n according to legend is 100 %.



Genauer wäre es, ein Mindestalter von 2,7 Jahren anzunehmen. Dann treten keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Höchstalter der beiden Weibchengruppen auf. Das durchschnittliche Höchstmindestalter der Weibchen betrug folglich 3,1 Jahre (s = 0,9).

4.3 Wachstum und Alter

Einige Autoren schätzen aufgrund der Größenklassenverteilung der Knoblauchkröten auf die Altersstruktur der untersuchten Population (HILDENHAGEN 1986, JAHN 1994, BAUMANN 1997). Es gab bisher für die Knoblauchkröte keine Untersuchungen zum Verhältnis von Alter, Größe und Gewicht (vgl. KÖNIG 1989). Für männliche Knoblauchkröten ist die Ermittlung des Alters mit Hilfe von Gewicht, Größe und Konditionsindex bis zu einem Alter von drei Jahren zulässig, weil das Alter zu mehr als zwei Drittel die Varianz der Körpermaße erklärt. Bei den Weibchen ist die Korrelation nur bei Gewicht und Konditionsindex groß genug (Tab. 2). Mit Hilfe der Regressionskurve der Tabelle 2 könnte für andere Knoblauchkrötenpopulationen eine vorsichtige Einschätzung der Altersverteilung aufgrund von Größe, Gewicht und/oder Konditionsindex erfolgen. Zusätzlich können die ermittelten Wachstumsraten zur Berechnung des Alters herangezogen werden (Tab. 3).

Trotzdem ist es schwierig, auf diese Art das Alter von Amphibien einzuschätzen, da die Beziehung von Größe und Alter bei einer Art in verschiedenen Jahren und bei verschiedenen Populationen variabel sein kann (HALLIDAY & VERRELL 1988). Außerdem überlappen sich Größe und Gewicht der einzelnen Altersklassen zum Teil stark (vgl. KUHN 1994, SY & GROSSE 1998). Das stärkste Längenwachstum erfolgt bei Amphibien in den ersten zwei bis drei Lebensjahren bis zur Geschlechtsreife. Danach ist das Wachstum gering, weil die Energie nicht mehr für somatisches Wachstum, sondern vor allem für die Fortpflanzung verwendet wird (nach READING 1986, 1988; HALLIDAY & VERRELL 1988, KUHN 1994). Es kann mitunter zu Negativwachstum kommen (Tab. 3, HILDENHAGEN 1986).

Die höchsten Wachstumsraten der Knoblauchkröten wurden auf der Donauinsel vor der Geschlechtsreife ermittelt. Die Knoblauchkröten zeigten die höchste Wachstumsrate im zweiten Jahr (Abb. 5 und 6). Da nur wenige einjährige Weibchen gefangen wurden, die zur Berechnung der Wachstumsraten der Ein- und Zweijährigen herangezogen werden können, ist das Ergebnis für diese Altersgruppen fraglich. GLANDT (1990) ermittelte das stärkste Wachstum für Knoblauchkröten im Jahr nach ihrer Metamorphose. Größe und Gewicht eines Individuums relativ zu seiner Altersklasse stehen mehr oder weniger zum Zeitpunkt der Geschlechtsreife fest, weil das Wachstum von Amphibien nachher sehr gering ist (HALLIDAY & VERRELL 1988, KUHN 1997). Die Wachstumsrate bis zur Geschlechtsreife hat meist mehr Einfluss auf die Körpergröße als das Alter (HALLIDAY & VERRELL 1988). Da nicht alle Individuen mit demselben Alter geschlechtsreif werden, ist die Phase des stärksten Wachstums unterschiedlich lang. Dies führt zu einer Streuung der Größen und Gewichte der Individuen bei der Geschlechtsreife und somit zu einer starken Überlappung der Körpermaße der unterschiedlichen Altersstufen. Da die Weibchen um durchschnittlich 0,7 Jahre später das erste Mal an der Laichwanderung teilnahmen, hatten sie länger Zeit um zu wachsen. Das könnte ein wichtiger Grund für den Geschlechtsdimorphismus bei der Körpergröße und dem Gewicht der Knoblauchkröten sein (vgl. HEMELAAR 1988).

4.4 Gewichtsänderung während eines Teichaufenthalts

Der Prozentsatz der an der Fortpflanzung beteiligten Weibchen passt zu den in anderen Untersuchungen ermittelten Werten. Bei zwei Knoblauchkröten-Populationen in Niedersachsen laichten in zwei Jahren zwischen 79 % und 93 % der Weibchen ab (HILDENHAGEN 1986), bei einer Population in Norddeutschland zwischen 52 % und 69 % (JAHN 1994). HILDENHAGEN (1986) und JAHN (1994) nahmen ein Ablaichen ab einer Gewichtsverminderung um mindestens zehn Prozent an. Am Endelteich zeigten auch sehr viele Männchen eine Gewichtsreduktion um mehr als zehn Prozent. Bei dieser Grenze hätten 82 % der Weibchen und 48 % der Männchen bei ihrem ersten Teichaufenthalt per definitionem abgelaicht. Daher scheint die Erhöhung des Grenzwertes auf zwanzig Prozent sinnvoll (Abb. 7), was auf populationsspezifische Unterschiede beim Gewicht des Laichs schließen ließe.

Weibliche Knoblauchkröten laichten wahrscheinlich frühestens mit zwei Jahren ab. Aufgrund der geringen Anzahl an Einjährigen ist eine Aussage bezüglich einer möglichen Geschlechtsreife der Weibchen im Alter von einem Jahr nicht möglich. Je älter die Knoblauchkröten waren, desto weniger Weibchen nahmen an der Laichwanderung teil, deren Gewichtsverlust unter zwanzig Prozent lag. Jüngere Weibchen wie auch vereinzelt Einjährige suchten das Teichareal vielleicht auf, weil sie dort bessere Nahrungs- und/oder Umweltbedingungen zu finden hofften.

Mit zunehmendem Alter und höherem Konditionsindex stieg die Gewichtsabnahme beider Geschlechter während eines Teichaufenthaltes an, jedoch nicht mit längerer Aufenthaltsdauer. Ältere Knoblauchkröten hatten einen besseren Konditionsindex als jüngere. Je größer der Konditionsindex, desto besser wird ein höherer Gewichtsverlust ohne schwerwiegende negative Auswirkungen ertragen.

Die durchschnittliche Gewichtsverminderung um 22 % bei den Weibchen stimmt mit dem von NÖLLERT (1990) ermittelten Wert von 25 % gut überein. Weibliche Knoblauchkröten nahmen im Durchschnitt mehr Gewicht ab als die Männchen (Tab. 4). Am Schapenteich (Norddeutschland) war die Gewichtsabnahme der Weibchen im Mittel fast doppelt so hoch wie die der Männchen. Im Gegensatz zur Endelteichpopulation nahm keines der Weibchen während des Teichaufenthalts zu (nach TOBIAS 1997a). Eine positive Gewichtsdifferenz könnte auf eine Nahrungsaufnahme am Gewässer zurückzuführen sein. Andererseits nehmen Amphibien Wasser über die Haut auf. Da abwandernde Individuen eventuell direkt vom Teich kommen, könnten sie durch die höhere Wassersättigung schwerer als bei der Zuwanderung sein (nach READING 1990).

Literatur

BAUMANN K. (1997): Zur Populationsökologie der Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*) bei Leiferde (Landkreis Gifhorn) unter besonderer Berücksichtigung der Effektivität einer Umsiedlung in ein Ersatzlaichgewässer. – Braunschw. Naturkdl. Schr. **5**: 259–267.

ENDEL S. E. (1989): Wanderaktivität und Populationsstruktur von *Pelobates fuscus* (Amphibia, Anura) auf der Donauinsel (Wien). – Unveröffentl. Diss., Univ. Wien, 77 pp.

GLANDT D. (1990): Biologie und Ansiedlung der Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*) – Zwischenbilanz eines Artenschutzprojektes. – Metelener Schriftenreihe für Naturschutz **1**: 73–85.

GOIN C. J. & O. B. GOIN (1962): Introduction to Herpetology. – San Francisco, London.

GOLDSCHMID U. (1997): Das ökologische Konzept der Donauinsel: Biotopverbund und Managementmaßnahmen. – In: HÖDL W., JEHLE R. & G. GOLLMANN (Hrsg.): Populationsbiologie von Amphibien: eine Langzeitstudie auf der Wiener Donauinsel. Stapfia **51**: 27–43.

HALLIDAY T. R. & P. A. VERRELL (1988): Body size and age in amphibians and reptiles. – J. Herpetol. **22**: 253–265.

HARDY L. M. & L. R. RAYMOND (1980): The Breeding Migration of the Mole Salamander, *Ambystoma talpoideum*. – Louisiana. J. Herpetol. **14**: 327–335.

HEMELAAR A. (1988): Age, growth and other population characteristics of *Bufo bufo* from different latitudes and altitudes. – J. Herpetol. **22**: 369–388.

HENLE K. (1997): Aufgaben der Feldherpetologie im Naturschutz: Konzeptioneller Rahmen und Defizite. – In: HENLE K. & M. VEITH (Hrsg.): Naturschutzrelevante Methoden der Feldherpetologie. Mertensiella **7**: 1–15.

HILDENHAGEN D. (1986): Untersuchungen zur Populationsökologie der Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*). – Unveröffentl. Diplomarbeit, Univ. Göttingen, 171 pp.

HÖDL W., JEHLE R. & G. GOLLMANN (Hrsg.) (1997): Populationsbiologie von Amphibien: eine Langzeitstudie auf der Wiener Donauinsel. – Stapfia **51**: 270 pp.

JAHN K. (1994): Untersuchungen zur Populationsökologie von *Pelobates fuscus* (LAURENTI 1768) und *Hyla arborea* (LINNAEUS 1758) am Friedeholzer Schlatt (Syke, Landkreis Diepholz). – Unveröffentl. Diplomarbeit, Univ. Bremen, 74 pp.

JAHN K. (1998): Der Einfluß von Körpergröße, Körpermasse und Alter auf die Laichmasse von *Pelobates fuscus*-Weibchen. – Zeitschrift für Feldherpetologie **5**: 71–80.

JAHN P. & K. JAHN (1997): Vergleich quantitativer und halbquantitativer Erfassungsmethoden bei verschiedenen Amphibienarten im Laichgewässer. – In: HENLE K. & M. VEITH (Hrsg.): Naturschutzrelevante Methoden der Feldherpetologie. Mertensiella **7**: 61–69.

JEHLE R. (1996): Das „Amphibienprojekt Donauinsel". – In: HÖDL W. & G. AUBRECHT (Hrsg.): Frösche Kröten Unken – Aus der Welt der Amphibien. Stapfia **47**: 119–132.

JEHLE R. (1997): Markierung und Individualerkennung metamorphosierter Amphibien, unter besonderer Berücksichtigung der im Rahmen des „Amphibienprojekts Donauinsel (Wien)" verwendeten Methodik. – In: HÖDL W., JEHLE R. & G. GOLLMANN (Hrsg.): Populationsbiologie von Amphibien: eine Langzeitstudie auf der Wiener Donauinsel. Stapfia **51**: 103–118.

JEHLE R., ELLINGER N. & W. HÖDL (1997): Der Endelteich der Wiener Donauinsel und seine Fangzaunanlage für Amphibien: ein sekundäres Gewässer für populationsbiologische Studien. – In: HÖDL W., JEHLE R. & G. GOLLMANN (Hrsg.): Populationsbiologie von Amphibien: eine Langzeitstudie auf der Wiener Donauinsel. Stapfia **51**: 85–102.

JEHLE R. & W. HÖDL (1998): PITs vs. pattern: a field study on potential effects of transponders on recapture rate and body condition of Danube crested newts (*Triturus dobrogicus*) and common spadefoot toads (*Pelobates fuscus*). – Herpetol. J. **8**: 181–186.

JEHLE R., HÖDL W. & A. THONKE (1995): Structure and dynamics of central European amphibian population: a comparison between *Triturus dobrogicus* (Amphibia, Urodela) and *Pelobates fuscus* (Amphibia, Anura). – Aust. J. Ecol. **20**: 362–366.

KOGOJ E. (1997): Populationsdynamik von Amphibien an einem Sekundärgewässer der Wiener Donauinsel (Österreich): Ein Vergleich von zwölf Taxa und neun Untersuchungsjahren (1986–1987, 1980–1995). – In: HÖDL W., JEHLE R. & G. GOLLMANN (Hrsg.): Populationsbiologie von Amphibien: eine Langzeitstudie auf der Wiener Donauinsel. Stapfia **51**: 183–213.

KOGOJ E. (1998): Struktur, Dynamik und Phänologie von Amphibienpopulationen, unter besonderer Berücksichtigung der Knoblauchkrötenpopulation (*Pelobates fuscus* LAURENTI 1768) eines Sekundärgewässers der Wiener Donauinsel (Österreich): Ein Vergleich von neun Untersuchungsjahren (1986, 1987, 1989 bis 1995). – Unveröffentl. Diplomarbeit, Univ. Wien.

KÖNIG H. (1989): Untersuchungen an Knoblauchkröten (*Pelobates fuscus*) während der Frühjahrswanderung. – Fauna Flora Rheinland-Pfalz **5**: 621–636.

KUHN J. (1994): Lebensgeschichte und Demographie von Erdkrötenweibchen *Bufo bufo bufo* (L.). – Zeitschrift für Feldherpetologie **1**: 3–87.

KUHN J. (1997): Die Erdkröte: eine biologische Portraitskizze und die Lebensgeschichte der Weibchen. – Biologie in unserer Zeit **27**: 76–86.

NÖLLERT A. (1990): Die Knoblauchkröte: *Pelobates fuscus*. – Die Neue Brehm-Bücherei **561**, 2. überarbeitete Auflage, A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.

NÖLLERT A. & R. GÜNTHER (1996): Knoblauchkröte – *Pelobates fuscus* (LAURENTI 1768). – In: GÜNTHER R. (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien Deutschlands. Gustav Fischer Verlag, Jena, pp. 252–274.

READING C. J. (1986): Egg production in the Common toad, *Bufo bufo*. – J. Zool. **208**: 99–107.

READING C. J. (1988): Growth and age at sexual maturity in common toads (*Bufo bufo*) from two sites in Southern England. – Amphibia-Reptilia **9**: 277–288.

READING C. J. (1990): A comparison of size and body weights of common toads (*Bufo bufo*) from two sites in Southern England. – Amphibia-Reptilia **11**: 155–163.

TIEDEMANN F. & M. HÄUPL (1994): Rote Liste der in Österreich gefährdeten Kriechtiere (Reptilia) und Lurche (Amphibia). – In: GEPP J. (Hrsg.): Rote Listen gefährdeter Tiere Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie **2**: 67–74.

TOBIAS M. (1997a): Zu Populationsstruktur und Wanderverhalten der Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*) unter besonderer Berücksichtigung des angewandten Amphibienschutzes. – Unveröffentl. Diplomarbeit, Tech. Univ. Braunschweig, 133 pp.

TOBIAS M. (1997b): Bestand und Wanderverhalten von Amphibien im Landschaftsschutzgebiet „Schapenteich" bei Braunschweig. – Braunschw. Naturkdl. Schr. **5**: 269–279.

SY T. & W.-R. GROSSE (1998): Populationsökologische Langzeitstudien an Gelbbauchunken (*Bombina v. variegata*) im nordwestlichen Thüringen. – Zeitschrift für Feldherpetologie **5**: 81–113.

WAGERMAIER G. (1992): Struktur, Dynamik und Aktivitätsmuster einer Knoblauchkrötenpopulation (*Pelobates fuscus fuscus* LAURENTI 1768) (Amphibia; Anura) auf dem nördlichen Teil der Donauinsel, bei Wien (Endelteich): Ein Vergleich von fünf Untersuchungsjahren. – Unveröffentl. Diplomarbeit, Univ. Wien, 131 pp.

WEATHERLY A. H. (1972): Growth and Ecology of Fish Populations. – Academic Press, London.

WIENER A. K. (1997a): Struktur und Dynamik einer Knoblauchkröten-Population (*Pelobates fuscus fuscus* LAURENTI 1768) auf der Wiener Donauinsel: ein Vergleich der Untersuchungsjahre 1986, 1987 und 1989 bis 1995. – In: HÖDL W., JEHLE R. & G. GOLLMANN (Hrsg.): Populationsbiologie von Amphibien: eine Langzeitstudie auf der Wiener Donauinsel. Stapfia **51**: 165–181.

WIENER A. K. (1997b): Phänologie und Wanderverhalten einer Knoblauchkröten-Population (*Pelobates fuscus fuscus* LAURENTI 1768) auf der Wiener Donauinsel: ein Vergleich der Untersuchungsjahre 1986, 1987 und 1989 bis 1995. – In: HÖDL W., JEHLE R. & G. GOLLMANN (Hrsg.): Populationsbiologie von Amphibien: eine Langzeitstudie auf der Wiener Donauinsel. Stapfia **51**: 151–164.

ZÖFEL P. (1992): Statistik in der Praxis. UTB für Wissenschaften **1293**, 3. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, 422 pp.

Anschrift der Verfasserin: Eva KOGOJ
Davidgasse 91-93/33
A-1100 Wien
E-Mail: e. kogoj@orbis-net.at